

①⑨ **BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND**



**DEUTSCHES  
PATENT- UND  
MARKENAMT**

⑫ **Patentschrift**  
⑩ **DE 101 08 612 C 1**

⑤ Int. Cl.<sup>7</sup>:  
**B 22 F 3/105**

⑳ Aktenzeichen: 101 08 612.1-24  
㉔ Anmeldetag: 22. 2. 2001  
㉕ Offenlegungstag: -  
㉖ Veröffentlichungstag  
der Patenterteilung: 27. 6. 2002

Innerhalb von 3 Monaten nach Veröffentlichung der Erteilung kann Einspruch erhoben werden

⑦③ Patentinhaber:  
DaimlerChrysler AG, 70567 Stuttgart, DE

⑦② Erfinder:  
Manetsberger, Karsten, Dipl.-Phys., 89077 Ulm, DE;  
Shen, Jialin, Dr.-Ing., 89134 Blaustein, DE;  
Steinberger, Jürgen, Dr., 82194 Gröbenzell, DE

⑤⑥ Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht  
gezogene Druckschriften:

DE 198 46 478 A1  
DE 100 50 280 A1  
EP 05 56 291 B1

⑤④ Verfahren und Vorrichtung zum selektiven Lasersintern

⑤⑦ Die Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Vorrichtung zum selektiven Lasersintern, bei dem Pulver schichtweise in einen ummantelten Bauraum gegeben wird und einen Pulverkuchen bildet, der mittels Laserstrahlung schichtweise verfestigt wird. Der Bauraum ist von einer Mantelheizung umschlossen und wird mittels dieser beheizt.

**DE 101 08 612 C 1**

A5

**DE 101 08 612 C 1**

**BEST AVAILABLE COPY**

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Vorrichtung zum selektiven Lasersintern, bei dem Pulver schichtweise in einen ummantelten Bauraum gegeben wird und einen Pulverkuchen bildet, der mittels Laserstrahlung schichtweise verfestigt wird.

[0002] Selektives Lasersintern (SLS, Selective Laser Sintering) ist ein Rapid-Prototyping-Verfahren, bei dem eine in einen Bauraum absenkable Plattform (Baurauboden) eine Pulverschicht trägt, die durch einen Laserstrahl in ausgewählten Bereichen erhitzt wird, so dass die Pulverpartikel zu einer ersten Schicht verschmelzen. Anschließend wird die Plattform um etwa 50 bis 200 µm (je nach Partikelgröße und -art) nach unten in den Bauraum gesenkt und eine neue Pulverschicht aufgebracht. Der Laserstrahl zeichnet wieder seine Bahn und verschmilzt die Pulverpartikel der zweiten Schicht miteinander sowie die zweite mit der ersten Schicht. Auf diese Weise entsteht nach und nach ein vielschichtiger Pulverkuchen und in ihm ein Bauteil, zum Beispiel eine Spritzgussform.

[0003] Innerhalb des Bauraums erfahren bestimmte Bereiche – abhängig von der Geometrie des herzustellenden Bauteils – für einen längeren oder kürzeren Zeitraum eine Erwärmung durch den Laserstrahl während andere gar nicht erwärmt werden. Außerdem wird nur die jeweils oberste Pulverschicht durch den Laser erwärmt, die unteren Schichten geben die aufgenommene Wärme an ihre Umgebung und kühlen ab. Die Folge sind inhomogene Temperaturverteilungen und thermische Spannungen innerhalb des Pulverkuchens, die zu Bauteilverzug führen können.

[0004] In der EP 556 291 B1 wurde zur Minimierung dieses Problems bereits vorgeschlagen, eine einheitliche Basistemperatur der jeweiligen Oberflächenschicht mittels eines parallel über ihr angebrachten ringförmigen Heizstrahlers einzustellen. Daraus solle eine gleichmäßigere Abkühlung der einzelnen Schichten und damit ein geringerer Bauteilverzug resultieren.

[0005] Eigene Untersuchungen haben jedoch ergeben, daß weiterhin Temperaturgradienten innerhalb und zwischen den einzelnen Schichten auftreten, wobei insbesondere die erstgenannten zu Bauteilverzug führen, der zumindest bei qualitativ hochwertigen Bauteilen nicht tolerierbar ist.

[0006] Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren sowie eine Vorrichtung zum selektiven Lasersintern zu schaffen, bei welchen die Temperatur innerhalb einer Schicht des aufgeschütteten Pulverkuchens möglichst homogen ist und ausgehend von den gesinterten Bereichen der Oberfläche bis zum Boden des Bauraums möglichst gleichmäßig absinkt.

[0007] Diese Aufgabe wird bei einem gattungsgemäßen Verfahren durch die kennzeichnenden Merkmale des Anspruchs 1 gelöst.

[0008] Das erfindungsgemäß durchgeführte selektive Lasersintern vermindert Bauteilverzug, da die Temperaturverteilung innerhalb einer Schicht des aufgeschütteten Pulverkuchens besser homogenisiert wird und ausgehend von den gesinterten Bereichen der Oberfläche bis zum Boden des Bauraums gleichmäßiger absinkt.

[0009] Diese Homogenisierung der Temperaturverteilung innerhalb einer Schicht und der Temperaturabnahme wird erzielt, indem man mittels der Mantelheizung eine zusätzliche Temperaturverteilung mit in Bauraubodenrichtung absinkender Temperatur zu der von der Laserstrahlung und ggf. der von der einem ringförmigen Heizstrahler erzeugten Temperaturverteilung überlagert. Diese zusätzliche Temperaturverteilung darf natürlich keine Temperaturen erreichen, die ein eigenständiges Sintern der Pulverpartikel bewirken

würden. Sie gibt vielmehr eine im Wesentlichen einheitliche Basistemperatur der einzelnen Pulverschichten vor, so daß die Wärmeabgabe der gesinterten Bereiche innerhalb einer Schicht minimiert wird und ein Wärmefluß von den gesinterten Bereichen in die Tiefe, also senkrecht zu den Pulverschichten, gefördert wird. Eine geeignete Temperaturverteilung ist z. B. eine lineare.

[0010] Der Pulverkuchen wächst durch die Zugabe von neuen Pulverschichten ständig an und wird dabei in den Bauraum abgesenkt. Die Oberfläche des Pulverkuchens grenzt dabei immer an die Oberkante des Bauraums. Die absinkende Plattform des Bauraubodens entfernt sich jedoch immer weiter von der Pulveroberfläche und grenzt an Bereiche der Bauraumwandung an, die mit zunehmender Tiefe immer niedrigere Temperaturen aufweisen.

[0011] Es ist daher vorteilhaft, wenn die Mantelheizung eine Bauraubodenheizung umfaßt, die derart gesteuert wird, daß die Temperatur des Bauraubodens zu jedem Zeitpunkt an die Temperatur des Bereiches der Bauraumwandung angepaßt wird, an den sie zu diesem Zeitpunkt angrenzt.

[0012] Besonders vorteilhaft ist es eine beliebige, z. B. auch nicht lineare und zeitlich veränderliche Temperaturverteilung der Mantelheizung vorzugeben, die mittels einer Simulation des Lasersinterprozesses in Hinsicht auf eine Reduzierung des Bauteilverzuges optimiert wurde. Simulationen des Energieeintrages des Lasers in die Pulverschichten wurden bereits vorgeschlagen, beispielsweise in der deutschen Patentanmeldung DE 100 50 280, die sich dadurch ergebenden Temperaturverteilungen innerhalb des Pulverkuchens können mit bekannten Verfahren, z. B. durch Lösen der Wärmeleitungsgleichung, ebenfalls ermittelt werden und ebenso die Beeinflussung dieser Temperaturverteilung durch Überlagerung einer Mantelheizung. Optimierungsverfahren sind dem Fachmann ebenfalls bekannt. Einzelne Schritte der Simulation können experimentell verifiziert oder ersetzt werden.

[0013] Die Aufgabe wird bei einer gattungsgemäßen Vorrichtung durch die kennzeichnenden Merkmale des Anspruchs 5 gelöst.

[0014] Die Mantelheizung gibt eine im Wesentlichen einheitliche Basistemperatur der einzelnen Pulverschichten vor, so daß die Temperaturabgabe der gesinterten Bereiche innerhalb einer Schicht minimiert wird und ein Wärmefluß von den gesinterten Bereichen in die Tiefe, also senkrecht zu den Pulverschichten, gefördert wird. Dadurch werden thermische Spannungen minimiert und ebenso ein daraus resultierender Bauteilverzug.

[0015] Die Mantelheizung ist derart gestaltet, daß sie unterschiedliche Bereiche des Mantels separat temperieren kann. Bei einem beispielsweise zylinderförmig gestalteten Bauraum kann dies auf einfache Weise mittels parallel übereinander angeordneten Heizringen erfolgen, die konzentrisch um den Bauraum angeordnet sind. Zusätzlich zu einer derartigen aktiven Heizung kann auch eine aktive Kühlung mittels Kühlmittel (z. B. Wasser) enthaltenen Kühlkreisen (z. B. Rohrleitungen) vorteilhaft sein.

[0016] Dabei erweist es sich als besonders vorteilhaft, wenn die einzelnen Heizringe auch über mindestens eine Regeleinrichtung separat geregelt werden können und diese mindestens eine Regeleinrichtung eine Eingabeeinheit aufweist, in die eine Temperaturverteilung eingegeben werden kann. Diese Temperaturverteilung kann beispielsweise eine mittels Simulation des Lasersinterprozesses in Hinsicht auf Homogenität und/oder eine Reduzierung des Bauteilverzuges optimierte sein.

## Patentansprüche

1. Verfahren zum selektiven Lasersintern eines Pulvers bei dem Pulver schichtweise in einen ummantelten Bauraum gegeben wird und einen Pulverkuchen bildet, 5  
**dadurch gekennzeichnet,**  
dass die Ummantelung beheizt wird, derart,  
dass sich eine Temperaturverteilung in der Ummantelung einstellt,  
wobei die Temperatur in der Ummantelung ausgehend 10  
von den an die zuletzt gesinterte Oberfläche des Pulverkuchens angrenzenden Bereichen der Ummantelung in Richtung auf den Bauraumboden hin abnimmt.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Temperatur im wesentlichen linear abnimmt. 15
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet,  
dass die Mantelheizung auch eine Bauraumbodenheizung umfaßt und 20  
daß die Bauraumbodenheizung gesteuert wird, derart,  
dass die Temperatur des Bauraumbodens zu jedem Zeitpunkt der Temperatur des Bereiches der Bauraumwandung entspricht, an den sie zu diesem Zeitpunkt angrenzt. 25
4. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet,  
dass eine Temperaturverteilung der Mantelheizung vorgegeben wird, welche die Temperaturverteilung innerhalb des Pulverkuchens ändert, derart, daß 30  
eine Simulation des Lasersinterprozesses unter Berücksichtigung der geänderten Temperaturverteilung, einen reduzierten Bauteilverzug ergibt.
5. Vorrichtung zum selektiven Lasersintern eines Pulvers mit einem ummantelten Bauraum zur Aufnahme 35  
des Pulvers und einer den Bauraum umschließenden Mantelheizung dadurch gekennzeichnet, daß die Mantelheizung unterschiedliche Bereiche des Mantels separat temperieren kann.
6. Vorrichtung nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, 40  
daß der Bauraum zylinderförmig aufgebaut ist,  
daß die Mantelheizung parallel übereinander angeordnete Heizringe aufweist, die konzentrisch um den Bauraum angeordnet sind. 45
7. Vorrichtung nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, daß sie mindestens eine Regeleinrichtung aufweist zur separaten Regelung der einzelnen Heizringe.
8. Vorrichtung nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, daß die mindestens eine Regeleinrichtung eine Eingabeeinheit aufweist zur Eingabe einer mittels der Heizringe einzustellenden Temperaturverteilung. 50

55

60

65

- Leerseite -

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**